



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Andri Alliksoo

**JUHTUMIANALÜÜS: PÄIKESEELEKTRIENERGIA
PERSPEKTIIV EESTIS ERATARBIJALE**

**CASE STUDY: PERSPECTIVE OF SOLAR ENERGY IN
ESTONIA FOR PRIVATE CONSUMERS**

Bakalaureusetöö
Keskkonnakaitse õppekava

Juhendaja: prof. Valdo Kuusemets, *PhD*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
F. R. Kreutzwaldi 5, Tartu 51006			
Autor: Andri Alliksoo		Õppekava: Keskkonnakaitse	
Pealkiri: Juhtumianalüüs: päikeseelektrienergia perspektiiv Eestis eratarbijale			
Lehekülgi: 35	Jooniseid: 9	Tabeleid: 3	Lisasid: 0
Õppetool: Keskkonnakaitse ja maastikukorralduse õppetool			
Uurimisvaldkond: Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll T270			
Juhendaja: Valdo Kuusemets, <i>PhD</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
<p>Maailmas üldiselt, aga veelgi enam Euroopa Liidu riikides pööratakse aina enam tähelepanu inimtegevuse jätkusuutlikkuse suurendamisele. Üks aktuaalsetest teemadest on inimtekkeliste kliimamuutuste aeglustamine. Seoses süsihappegaasi ja teiste kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni suurenemisega atmosfääris võimendub kasvuhooneefekt, mis toob kaasa temperatuuri kasvu. Taastuvelektrienergia tootmise suurendamine vähendab kasvuhoonegaaside õhku paiskamist elektrienergia tootmisel, Eesti näitel peamiselt põlevkivisoojuselektrijaamades. Konkreetselt päikeseelektrijaamade rajamine on võimalik peaaegu kõikjal. Hindade odavnemise, riikliku toetuse, võimalike väga erinevate ja mitmekülgsete lahenduste, laia teavitustöö ning jätkusuutliku mõtteviisi leviku tõttu ühiskonnas on päikeseelektrijaamade rajamine Eestis mitmeid aastaid järjest aina kasvanud.</p> <p>Käesoleva töö eesmärk on teada saada, kuidas on eraisikul kasumlik osaleda keskkonnakaitstes panustades riiklike kliimaeesmärkide saavutamisse arvestades päikeseelektrienergia tootmise tehnilistest aspektidest lähtuvat kõrget perspektiivi. Eesmärgi saavutamiseks püstitati kolm uurimisküsimust:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Kas päikeseelektrijaama rajamine on eraisiku seisukohast majanduslikult mõistlik? (konkreetselt objekti näitel, arvestades selle iseärasusi, sobivat lahendust ning 2020. aasta elektritarbimist)2) Kas tarbija makstav kohustuslik taastuvenergia tasu on kooskõlas toetuse eesmärkide täitmisega?			

3) Kuidas suurendada taastuvelektrienergia tootmise toetamise tõhusust? (riiklike eesmärkide saavutamise ning tarbija maksukoormuse tasakaal)

Taastuenergia toetuse maksmine on 2010. aastast kuni 2020. aastani kasvanud üle kahe korra 45 463 465 eurolt kuni 100 133 910 euronii aastaks (Elering AS 2020c). Samas 2020. aastaks seatud eesmärk 25% taastuvelektrienergia osakaal siseriiklikust tarbimisest saavutati juba 2011. aastal. 2030. aastaks seatud eesmärk 30% taastuvelektrienergia osakaal siseriiklikust tarbimisest saavutati juba 2020. aastal. Olenemata eesmärkide saavutamisest on võetud vastu uusi toetusotsuseid taastuvelektrienergia tootmise arendamise täiendavaks kiirendamiseks ning saavutatud tulemus ehk riiklikku eesmärki ületav taastuenergia statistiline kogus ehk nõ statistika on müüdnud edasi teistele riikidele. Statistika kantakse müümise järel üle ostjariigile kajastudes ostjariigi toodetud taastuenergia bilansis ning eesmärkide saavutamises. Hetkel on taastuenergia statistikat müüdnud soodsama hinnaga kui on olnud kulu toetuste välja maksmisel. Seega Eesti tarbija on olnud ning on jätkuvalt majanduslikult koormatud teiste riikide taastuenergia eesmärkide saavutamisest. Autor pakub välja võimalusi Eesti elektritarbija omandipõhiõiguse riive vähendamiseks arvestades taastuvelektrienergia tootmise suurendamise pikaajalist vajadust ning õiglase toetuse maksmist piisavalt kiire arengu jätkumise tagamiseks.

Märksõnad: Eesti strateegilised keskkonnaeesmärgid, tasakaalukas areng, päikeseelektrienergia, taastuenergia toetused, tasu ja statistikakaubandus

Estonian University of Life Sciences F. R. Kreutzwaldi 5, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Andri Alliksoo		Curriculum: Environmental Protection	
Title: Case study: perspective of solar energy in Estonia for private consumers			
Pages: 35	Figures: 9	Tables: 3	Appendixes: 0
Chair: Environmental Protection and Landscape Management Field of research: Environmental technology, pollution control (T270) Supervisor: Valdo Kuusemets, <i>PhD</i> Place and date: Tartu 2021			
<p>In the world, but even more so in the countries of the European Union more attention is being paid to increasing the sustainability of human activities. One of the current issues is slowing down anthropogenic climate change. As the concentration of carbon dioxide and other greenhouse gases in the atmosphere increases, the greenhouse effect is amplified and causes an increase in temperature. Increasing the production of renewable electricity reduces greenhouse gas emissions from electricity production, on the example of Estonia, mainly in oil shale-fired thermal power plants. Construction of solar power plants is possible almost everywhere. Due to decrease in prices, state support, great possible variability of different solutions, extensive publicity, and due to the spread of sustainable way of thinking in society, the construction of solar power plants in Estonia has been ever growing for many years. The purpose of this bachelor's thesis is to find out how it is profitable for an individual to participate in environmental protection by contributing to the achievement of national climate goals, taking into account the high perspective from the technical aspects of solar electricity generation. In order to achieve this, three research questions were erected:</p> <div><div>1) Is the construction of solar power plant economically reasonable for an individual? (on the example of a specific object, taking account its specifics, suitable solution and electricity consumption in 2020)</div><div>2) Is the mandatory renewable energy charge in line with the targets of the support?</div><div>3) How to increase the effectiveness of support for renewable electricity generation? (balance between the achievement of national targets and tax burden on consumers)</div></div> <p>The payment of support for renewable energy has more than doubled from 2010 to 2020 from 45,463,465 euros to 100,133,910 euros per year. At the same time, the target set for 2020 of 25% share of renewable electricity in domestic consumption was already achieved in 2011. The 2030 target of 30% share of renewable electricity in domestic consumption was already</p>			

reached in 2020. Regardless of the achievement of the targets, new support decisions have been adopted to further accelerate the development of renewable electricity generation, and the achieved result, statistical amount of renewable energy, has been sold to other countries. After the sale of statistics it is transferred to the buyer country and therefore is then reflected in the balance and achievement of the renewable energy targets of the buyer country. At the moment, renewable energy statistics have been sold at lower price than the cost of paying subsidies. Thus, the Estonian consumer has been and continues to be economically burdened from achieving the renewable energy targets of other countries. The author offers opportunities to reduce the infringement of the fundamental right of ownership of Estonian electricity consumers, taking into account the long-term need to increase the production of renewable electricity and the payment of fair support to ensure the continuation of sufficiently rapid development.

Keywords: Estonia's strategic environmental goals, balanced development, solar electricity, renewable energy subsidies, charges and statistical transfers

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	10
1.1. Päikeseelektrijaamade rajamisest Eestis	10
1.2. Päikesevalgusenergiast elektrienergiat tootev päikeseelektrijaam	11
1.3. PVJ paigaldusviisid ja nende kasutamine praktikas	12
1.4. Tehnilised eeldused ja ettevalmistus PVJ rajamiseks	13
1.5. Eesti strateegilised eesmärgid taastuvelektrienergiaga seoses	14
2. METOODIKA	18
2.1. Päikeseelektrijaama asukoht	18
2.2. Päikeseelektrijaama planeerimine	19
2.3. Investeeringu tasuvus	20
2.4. Eesti taastuenergia eesmärkide täitmine	20
3. TULEMUSED	22
3.1. Perspektiivse 10 kW maksimumvõimsusega katusele paigaldatava päikeseelektrijaama rajamise maksumus	22
3.2. Päikeseelektrijaama tasuvus	26
3.3. Eesti taastuenergia eesmärkide täitmine	29
KOKKUVÕTE	32
KASUTATUD KIRJANDUS	33

SISSEJUHATUS

Arenenud riigid on võtnud seisukoha, et seoses kliimamuutuste olulise mõjuga inimühiskonnale tuleb lisaks muutustega kohanemisele ning tagajärgedega tegelemisele panustada inimtekkelise mõju vähendamisse.

Maa temperatuur kasvab, sest kasvuhooneefekt on võimendunud ning Maalt lähtuva soojusenergia hulk on langenud alla neelduva valgusenergia hulga. Kasvuhoonegaaside hulga suurenemine atmosfääris kiirendab temperatuuri edasist kasvu. Seatud kliimaneutraalsuse eesmärgid, kui need saavutatakse, peatavad Maa temperatuuri kasvu edasise inimtegevusest põhjustatud kiirenemise. Temperatuur jätkab endiselt kasvamist selleks hetkeks võimendunud kasvuhooneefekti tõttu.

Kliimaneutraalsuse saavutamine on tohutu väljakutse, kuid pingutused ei lõppe ka nende eesmärkide täitmisega. Jätkuvalt tuleb inimühiskonnas toimunud ning eesootavate muutustega kohaneda ja ilmselt on mõistlik täiendavalt otsida lahendusi võimendunud kasvuhooneefekti tagasi pöörata. Sellesse panustab loodusliku orgaanilise aine produktsioon nagu turba teke soodes, mis seob atmosfääri süsihappegaasist süsinikku ja väheneb süsihappegaasi hulk atmosfääris. Protsessid toimuvad samaaegselt, kuid inimesel on inimtekkelist mõju tagasi pöörates ilmselt mõistlik kõigepealt tähelepanu suunata esimese prioriteediga eesmärkide täitmiseks milleks on kliimaneutraalsuse saavutamine peamiselt täiendava heitme lisamise miinimumini viimisega.

Märkimisväärses koguses kasvuhoonegaase paiskab õhku energeetikasektor ning seega on just seal võimalik esile kutsuda olulise mõjuga muutusi. Taastuvelektrienergia tootmise suurendamine ning fossiilsetel energiaallikatel põhineva elektrienergia tootmise vähendamine on olulised muutused, millega kaasneb kasvuhoonegaaside atmosfääri paiskamise vähenemine. Kliimaeesmärkide täitmiseks on tarvis jõuliselt panustada taastuvelektrienergia tootmise suurendamisse. Väga paindlike võimalustega asukoha, võimsuse ja ruumikasutusega taastuvelektrienergia tootmise viis on päikeseelektrienergia tootmine. Päikeseelektrijaama ehitamine on võimalik laialdaselt erinevates tingimustes. Eestis on soodsad võimalused, sest ilmastik soodustab suure sademete hulgaga madalat hooldusvajadust ning üsna jahe õhutemperatuur soodustab elektritoodangut sõltumata paiknemisest keskmistel laiuskraadidel.

Taastuvatest allikatest elektrienergia tootmine on avatud elektriturul olnud ajalooliselt konkurentsivõimetu. Seetõttu on kehtestatud saastetasusid fossiilset päritolu ressursside kasutamisele ning toetusmeetmeid taastuvatest allikatest elektrienergia tootmisele. Tarbijale on see kaasa toonud kulutuste kasvu elektrienergiale, millest osa moodustab ajutiste toetusmeetmete rahastamiseks taastuenergia tasu maksmise kohustus. Taastuvelektrienergia tootmise maksumus on langenud oodatust märkimisväärselt kiiremini ning lähiajal on saabumas hetk, kus need suudavad avatud turul konkureerida.

Eesti on väljumas taastuvelektrienergia tootmise toetamisest, sest toetamine ei ole enam vajalik. Iga toetusotsusega kaasneb elektritarbijatele 12 aastat kestav kohustus rahastada kõiki toetamisega seotud kulutusi taastuenergia tasu kaudu ning seetõttu toimub viimaste toetusotsustele tuginevalt rajatud taastuvelektrijaamade toetamine veel aastaid pärast seda kui uutele rajatavatele taastuvelektrijaamadele toetusi ei maksta. Toetamise peamine konkreetne eesmärk saavutada 30% taastuenergia osakaal lõpptarbimises aastaks 2030 on praeguseks täidetud.

Käesoleva töö eesmärk on teada saada, kuidas on eraisikul kasumlik osaleda keskkonnakaitses panustades riiklike kliimaeesmärkide saavutamisse arvestades päikeseelektrienergia tootmise tehnilistest aspektidest lähtuvat kõrget perspektiivi. Eesmärgi saavutamiseks püstitati kolm uurimisküsimust:

1. Kas päikeseelektrijaama rajamine on eraisiku seisukohast majanduslikult mõistlik?
2. Kas tarbija makstav kohustuslik taastuenergia tasu on kooskõlas toetuse eesmärkide täitmisega?
3. Kuidas suurendada taastuvelektrienergia tootmise toetamise tõhusust?

Bakalaureusetöö jaguneb kolmeks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade päikeseelektrijaamade rajamisest Eestis, riiklikest suundadest taastuvelektrienergia toetamisel ja eesmärke. Teises peatükis käsitletakse eraisiku päikeseelektrijaama rajamist ja tasuvust ning Eesti taastuenergia eesmärkide täitmist. Kolmandas peatükis arutletakse konkreetse päikeseelektrijaama tasuvuse ning taastuenergia eesmärkide täitmise meetmete rakendumise üle praktikas.

Lühendid

Käesolevas töös on kasutatud järgmisi lühendeid:

W -	vatt
kV -	kilovolt
kW -	kilovatt
kWh -	kilovatt-tund
MW -	megavatt
MWh -	megavatt-tund
GW -	gigavatt
GWh -	gigavatt-tund
TWh -	teravatt-tund
PV-paneel -	päikesepaneel, mis toodab päikesevalgusenergiast elektrienergiat
PVJ -	päikeseelektrijaam, seadmete kompleks, mis toodab sagedusvooluna elektrit, mida on võimalik tarbida kohapeal ja/või elektrivõrku müüa
Kt -	tuhat tonni (kilo ehk 10^3)
Mt -	miljon tonni (mega ehk 10^6)
KHG -	kasvuhoonegaasid
REKK -	Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030 (REKK 2030)
KM -	Käibemaks
MKM -	Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
CO ₂ ekv -	CO ₂ ekvivalent ehk süsihappegaasi või sellega samaväärse globaalse soojenemise teguriga kasvuhoonegaasi koguseline ühik

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Päikeseelektrijaamade rajamisest Eestis

Päikeseelektrienergia tootmine on eraisikule üks vähestest elektrienergia tootmise võimalustest. Tehnoloogia arengu, hindade odavnemise, toetusmeetmete, laialdase populariseerimise ja turunduse, investeerimishuvi kasvu ning keskkonnateadlikkuse tõusu koosmõjul on Eestis rajatud päikeseelektrienergia tootmisvõimsusi järjest kasvavas mahus (Elering AS 2021b).

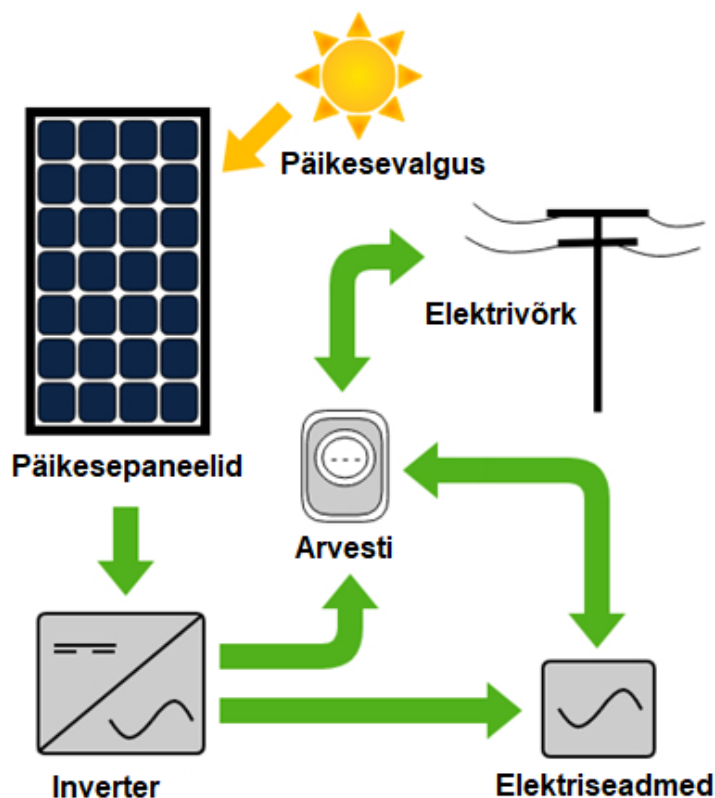
Oluline kaal päikeseelektrijaamade rajamisel on toetusmeetmetel. Mitmel aastal on toetusmeetmete tingimused turgu otseselt mõjutanud, sest alternatiivsed jaamad ei ole Eestis ilma toetuseta tasuvad (Elering AS 2020b, 104). Oluline meede on olnud taastuenergia toetuse maksmine elektrivõrku müüdava taastuvelektrienergia eest. Toetusele kvalifitseerumise tingimused on viimastel aastatel kaasa toonud ka ebaloogilist ja tehniliselt ebaotstarbekat arendustegevust. Näiteks 2018. aasta lõpuks valminud kuni 1 MW võimsusega päikeseelektrijaama võrku müüdud elektrienergia eest maksab Elering toetust 53,7 eurot/MWh ja sama kehtib 2020. aasta lõpuks valminud kuni 50 kW võimsusega jaamade puhul. Seetõttu jagati 2018. aastal PVJ 1 MW ühikuteks ning 2020. aastal leidis aset nn päikeseenergia buum, mis seisnes eelkõige nn kobarjaamade rajamises ehk suurte päikese-parkide ehitamises, mis ühendati elektrivõrguga paljude kuni 50 kW võimsusega tootmisühikutena. Tegelikult pidi toetus soodustama üksikute väikese võimsusega päikeseelektrijaamade rajamist, sest ilma toetuseta on nende rajamine ebatasuv, seejuures oli arvestatud suure omatarbe osakaaluga. Edaspidi on taastuvelektrienergia toetamine vähempakkumise põhine ning PVJ rajamisel on arvestatud peamiselt elektrienergia müügiga. Vähempakkumiste korraldamise eesmärk on katta puudu jäävad statistilised kogused ning garanteerida riigi taastuvelektri eesmärkide täitmine vähima võimaliku kuluga elektritarbijale (Elering AS 2020b, 105). Hetkel käimasoleva vähempakkumise tingimuste kohaselt toetatakse ainult 50 kW kuni 1 MW võimsusega tootmisüksusi (MKM 2021a, 2).

Eraisiku võimalused päikeseelektrijaama rajamiseks on seoses miinimumvõimsuse piiranguga oluliselt vähenenud ning üle 1 MW päikeseelektrijaamade osadeks jagamine või planeeritud päikeseelektrijaama dimensioneerimine maksimaalselt kuni 1 MW võimsuseni on jätkuvalt soodustatud. Väikeste päikeseelektrijaamade rajamine on üldiselt nii tehniliselt ebamõistlik kui pärast toetuste maksmise lõpetamist ka majanduslikult ebamõistlik. Seega on

nende rajamise märkimisväärne vähenemine asjakohane, seevastu suuremate PVJ jagamine väiksemateks asjakohane ei ole. Eesti on taastuvenergia tarbimise miinimumeesmärgid ületanud (2020. aastaks 25% täideti 2011. aastal ning 2030. aastaks 30% täideti 2020. aastal) ning sõlmib teiste Euroopa Liidu liikmesriikidega statistika ülekandmise lepinguid. Sisuliselt Eesti müüb ülejäävat taastuvenergia statistilist kogust ehk nõ taastuvenergia statistikat, sealjuures on statistika müügihind madalam tootjatele makstava taastuvenergia toetuse kulust. Hetkel kavatakse toetamist täiendavalt jätkata ning toetamise lõpetamisest räägitakse avalikult kui võimalusest kaugemas tulevikus. Töö käigus analüüsitakse võimaliku investeeringu tasuvust ning PVJ rajamise võimalikke tulevikuperspektiive Eestis.

1.2. Päikesevalgusenergiast elektrienergiat tootev päikeseelektrijaam

PVJ on süsteem, mis muundab valgusenergiat elektrienergiaks. Protsess koosneb seejuures mitmest etapist (joonis 1). Esmalt toodab päikesepaneel valgusenergiast alalisvoolu. Seejärel muundab inverter elektrienergia alalisvoolu vahelduvvooluks. Muundatud elektrienergia suunatakse kodusse elektrivõrku ja on kasutatav tavapärastes kodustes elektriseadmetes.



Joonis 1. Võrguga seotud päikeseelektrijaama põhimõtteline struktuur (Apricus 2021)

Vastavalt tarbimisele ja tootmisele toimub elektrienergia iseeneslik liikumine (sisevõrgu ja jaotusvõrgu pinge erinevuse tõttu). Jaotusvõrgust läbi liitumispunkti sisevõrku kui tarbimine ületab tootmist või vastupidi kui tootmine ületab tarbimist. Tarbitud elektrienergia ostetakse elektrimüüjalt ning võrku antud elektrienergia müüakse elektrimüüjale vastavalt kahepoolsele lepingule. Arvepidamist võimaldab kahe-suunaliselt mõõtev elektriarvesti.

1.3. PVJ paigaldusviisid ja nende kasutamine praktikas

Sõltuvalt konkreetsetest tingimustest on päikesepaneele võimalik paigaldada mitmel erineval moel. Mastaapsete lahenduste puhul kasutatakse valdavalt statsionaarset paigaldamist maapinnale. Väikeste päikeseelektrijaamade puhul kasutatakse palju katusele või hoone seinale paigaldamist. Võimalikud on integreeritud lahendused, kus päikesepaneelid asendavad näiteks katusematerjali või katavad fassaadi. Vähem kasutatavad on suunda ja/või kaldenurka muutvad süsteemid.

Erinevatel paigaldusviisidel on teistega võrreldes eeliseid ja puudusi. Tabelis 1 on erinevaid paigaldusviise kvalitatiivselt võrreldud. Kolme omadust võrreldes ilma nendele omadustele kvantitatiivset kaalu andmata on katusepaigaldusel teiste paigaldusviiside ees eelis. Praktikas on oluliseks piiravaks teguriks sobiva katuse olemasolu. Sellisel juhul on enamasti mõistlik või ainus võimalus paigaldada päikesepaneelid siiski maapinnale.

Tabel 1. Erinevad PVJ paigaldusviisid

	Maksumus (1-5)	Toodang (1-5)	Ruumivajadus (1-5)	Keskmine (1-5)
Statsionaarne paigaldus maapinnale	3 (keskmiselt kulukas)	4 (väga hea)	3 (suur)	3,333
Paigaldus katusele	4 (keskmisest soodsam)	3 (keskmine)	5 (väike)	4
Paigaldus seinale	4 (keskmisest soodsam)	1 (väga väike)	5 (väike)	3,333
Paigaldus katusena	2 (kõrgema kulukusega)	3 (keskmine)	5 (väike)	3,333
Suunda/kaldenurka muutvad süsteemid	1 (kõige kulukam)	5 (suurim)	1 (suurim)	2,333

Päikesepaneelide toodetava elektrienergia hulk sõltub mitmetest teguritest. Olulisimad on suund ilmakaarte suhtes ning kaldenurk tasapinna suhtes. Eelistatud on päikesepaneelide paigaldamine lõunasuunas ning kaldenurk 30-40° tasapinna suhtes. Väikesed kõrvalekalded mõjutavad toodangut ebaolulisel määral. Maapinnale paigaldatud paneelidel on üldiselt kõige parem jahutus ning seetõttu on toodang suurem võrreldes katusepaigaldusega.

Suure mastaabiga päikeseelektrijaamad rajatakse peamiselt maapinnale. Statsionaarne paigaldamine maapinnale võimaldab kõige paindlikumat võimsuse dimensioneerimist, tõhusat ruumikasutust ning sobivaima suuna ja kaldenurga kasutamist. Väga suure pindalaga sobivat katusepinda tavaliselt ei leidu. Eestisse rajatud päikeseelektrijaamadest suurima võimsuse osakaaluga on statsionaarsed maapealsed tootmisüksused.

1.4. Tehnilised eeldused ja ettevalmistus PVJ rajamiseks

Liitudes elektrivõrguga tootjana, võib sõltuvalt soovitud võimsusest esineda erinevatel põhjustel piiranguid. Mikrotootja liitumise puhul on piiravaks teguriks üldjuhul madalpinge elektrivõrk ehk 10/0,4 kV alajaam ning alajaama ja kliendi vaheline ühendus. Sõltuvalt olukorrast on mõistlik kohandada oma soove vastavalt võrgu võimekusele või kohandada elektrivõrku, et võimaldada soovitud päikeseelektrijaama rajamine. Elektrilevile liitumistaotlust esitades peab olema teada soovitud liitumisvõimsus ning vastavalt sellele koostatakse liitumispakkumine. Otseste investeeringute kulud tootjana liitumise võimaldamiseks tuleb katta liitumist soovival isikul. See hõlmab vajadusel ulatuslikke ümberehitusi elektrivõrgus. Juhul kui selgub, et ümberehituste tegemine on vajalik võib pöörduda Elektrilevi poole otse ja küsida millise võimsuse korral ei ole suurte investeeringute tegemine vajalik.

Sõltuvalt olukorrast võib võrgust tulenev piirang paikneda ka keskpingevõrgus või isegi ülekandevõrgus. Levinud põhjusteks on võrgu amortiseerumine või suur hulk juba liitunud tootmisvõimsusi. Kõiki võrguühendusega seotud takistusi on võimalik ületada. Suure elektrivõrgu arendusvajaduse korral kaasnevad ilmselt suured kulutused. Juhul kui tarbimisnõudluse katmisel toimib elektrivõrk efektiivselt ning mahukaid investeeringuid ei vaja, kuid vajab neid tootmisvõimekuse suurendamiseks tõstatub õigustatud küsimus nii majandusliku otstarbekuse ning kui keskkonnamõju osas. Sellises olukorras on mõistlik investeeringust loobuda või leida arendusele sobivam asukoht.

Elektrienergia tootjad, võrguettevõtted ja tarbijad terviklikku süsteemi seob põhivõrk (Elering AS 2021c). Süsteemihaldur on Elering AS, kes ühtlasi tagab elektrienergia varustuskindluse.

Osa süsteemist on ühendused naaberriikidega. Eesti ja Baltikumi elektrisüsteemi varustuskindlus on hetkel tagatud, jätkata tuleb elektrisüsteemi ja energiaturgude edasiarendamist (Elering AS 2020a, 15). Arengud toovad tarbijale pikas perspektiivis madalamad võrgutasud, sest süsteem on efektiivsem (Elering AS 2020a, 15).

Elektrivõrk sünkroniseeritakse Kesk-Euroopa sagedusalaga 2025. aastal ("REKK 2030". 2019a, 8). Suurendada tuleb ülekandevõimsust Läti suunas. Täiendavad ühendused naaberriikidega panustavad nii elektrituru toimimisse kui varustuskindlusesse. Põhimõtteline otsus sünkroniseerida Baltikum Kesk-Euroopa sagedusalaga arvestab lisaks tehnilistele küsimustele ka poliitilisi aspekte (Elering AS 2021d). Võrgu läbilaskevõimekuse suurendamisega kaasneb võimalus uute liitumiste rajamiseks.

Päikeseelektrijaamade rajamise esimeseks eelduseks on piirkonnaalajaama võimekus ühendada võrguga uusi tootmisvõimsusi ning PVJ rajamiseks sobiliku maa olemasolu. Erasikud võivad sobivat maad juhuslikult omada ning sellises olukorras on seda võimalik müüa või pikaajalisele rendile anda märkimisväärselt kõrgema tasu eest kui praegust näiteks põllumajanduslikku kasutust jätkates. Säästliku maakasutuse seisukohast on ilmselt parim kui PVJ rajatakse pigem kehvemale põllumaale, kuigi ajutise (siiski pikaajalise) iseloomuga tegevuse omapärast tulenevalt on tulevikus võimalik algne olukord ja maakasutus ennistada.

1.5. Eesti strateegilised eesmärgid taastuvelektrienergiaga seoses

Taastuenergia statistikat arvestades on oluline toodetud energia osakaal summaarses lõpptarbimises (Eurostat 2018). Absoluutset mahtu arvestatakse tavapärastes energiaühikutes, millest enim kasutatakse kWh, MWh (10^3 kWh), GWh (10^3 MWh) ja TWh (10^3 GWh). Taastuvad energiaallikad on tuule-, päikese-, hüdro-, tõusu-mõõna- ja geotermiline energia, samuti biokütused ning taaskasutatavad jäätmeid (Eurostat 2018).

Kasvuhoonegaaside heitmete vähendamise võrdlustasemeks on 1990. aasta, mil koguheide oli 40,4 Mt CO₂ekv ("REKK 2030". 2019a, 7). Kasvuhoonegaaside heitmeid kavatsetakse vähendada 80% tasemele 8,08 Mt CO₂ekv aastaks 2050, sh 70% tasemele 12,12 Mt CO₂ekv aastaks 2030 ("REKK 2030". 2019a, 7). Energeetikasektori heide oli 1990. aastal 37,0 Mt CO₂ekv (u 91,5% koguemissioonist) ja 2019. aastal 12,3 Mt CO₂ekv (u 83,5% koguemissioonist). Seega energeetikasektori heide oli aastaks 2019 vähenenud umbes 66,8% (Keskkonnaministeerium 2021, 60). Energeetikasektori mõju on suure ulatusega ning 2030.

aastaks seatud 70% heitmete vähendamise eesmärk ilmselt täidetakse peagi, kuid teistes sektorites on muutus olnud väiksem (u 28,5%).

Energeetikasektori heitme vähenemine tuleneb olulises osas põlevkivist elektrienergia tootmise vähenemisest nii ajaloolistel põhjustel kui viimasel ajal tulenevalt saastekvootide hinnatõusust ja aina enam elektrituru arengutest. Riigi koguemissioonist moodustas energiatööstus 2019. aastal 56,02% (Keskkonnaministeerium 2021, 60). Pärast 1993. aastat ei ole Eesti primaarenergia tarbimine tegelikult langenud (aastate 1993 ja 2019 tase oli sisuliselt sama ehk langus võrreldes aastaga 1990 umbes 50%, aga aastal 2018 oli see kõrgeim alates aastast 1992 langedes 2019. aastal põlevkivitööstuse kahanemise tõttu umbes 19% võrra tagasi umbes 1993. aasta tasemele) (Keskkonnaministeerium 2021, 61). Seega ei ole 1993. aastast tööstuse kahanemise järgselt olulist muutust toimunud. Eesti statistiliselt märkimisväärse emissioonide kahanemise taga on 1990. aasta ajaloolistel põhjustel väga kõrge võrdlustase.

Eesti seatud KHG vähendamise eesmärkide saavutamiseks piisab vaid põlevkivist elektrienergia tootmise täiendavast vähenemisest, mis tõenäoliselt paratamatult toimub. Elektri ja soojuste tootmise alasektoris, mille moodustavad Eestis peamiselt põlevkivisoojustelektrijaamad, vähenesid KHG emissioonid 2019. aastaks võrreldes 1990. aastaga koguni 76,5%, põhjuseks ulatuslikud struktuursed muutused majanduses pärast taasiseseisvumist 1991. aastal (Keskkonnaministeerium 2021, 71). Seevastu on 1990. aastaga võrreldes tulenevalt põlevkiviõli ekspordist suurenenud muu tööstuse emissioon koguni 21 korda (Keskkonnaministeerium 2021, 71). Aastal 2019 vähenes võrreldes varasema aastaga kohalik elektritootmine ca 38,6% ning netoeksport 2018. aastal asendus netoimpordiga 2019. aastal (Keskkonnaministeerium 2021, 71). Elektrituru toimimise ning saastekvootide hinna kasvu tõttu paratamatult jätkub fossiilsetest kütustest elektrienergia tootmise vähenemine.

Eraldi eesmärgiks on energiajulgeoleku tagamine hoides imporditud energiast sõltuvuse määra võimalikult madalal ning saavutades aastane taastuvelektrienergia tootmise maht 2030. aastaks 4,3 TWh (2018 = 1,8 TWh) ("REKK 2030". 2019a, 8). Seega tuleb ehitada ja võrku ühendada täiendavaid tootmisvõimsusi. Ajalooliselt on Eestis olnud suur tootmisvõimsuste ülejääk ning vähe ühendusvõimsusi soodsama hinnaga turgudega. Ühendusvõimsuste arendamise järel on oma hinnapiirkonnas elektrienergiat peamiselt imporditud. Saastetasude ning soodsama elektrienergia turule pääsemine on suurendanud imporditud elektrienergia hulka.

Aastaks 2030 peab Eesti seatud plaani järgi taastuvelekter katma vähemalt 30 protsenti sisemisest elektrienergia lõpptarbimisest (Elering AS 2021a). 2020. aastal oli elektritarbimine 8440 GWh, taastuvelektrienergiat toodeti 2230 GWh ehk 26.4% tarbimisest (Elering AS 2021b). Ambitsioonikas eesmärk on saavutada 2030. aastaks maht 4300 GWh (lõpptarbimine 8600 GWh) ehk 50% ning tasakaalukas eesmärk on 2580 GWh ehk 30% lõpptarbimisest (Elering AS 2021a). Tõenäoliselt saavutatakse tulemus 30% ja 50% vahel.

Tähelepanu väärrib asjaolu, et riik on seni sõlminud energiastatistika ülekande leppeid liikmesriikidega, kes ei ole seatud miinimumeesmärke täitnud, ja kavatseb tulevikus täiendavaid lepinguid sõlmida. Seega panustatakse täiendavaid vahendeid saavutamaks 30% kõrgemat eesmärki aastaks 2030. samas saavutatud tulemus ehk 30% ületav statistika müüakse. Juhul kui tarbimine kasvab 2030. aastaks prognoositud tasemele 8600 GWh, oleks 30% eesmärgi saavutamiseks olemasolevale 2230 GWh aastasele toodangule lisaks vaja 350 GWh taastuvast allikast toodetud elektrienergiat aastas.

2020. aasta algusest 2021. aasta aprillini ühendati elektrivõrguga umbes 275 MW (465-80-110) päikeseelektrijaamu (Elering AS 2021a; Eesti Taastuvenergia Koda 2020, 3; Jõe 2019, 17). Toodangu 1,2 GWh/MW korral annavad need aastas umbes 330 GWh päikeseelektrienergiat. Valdava osa nende päikeseelektrijaamade aastasest toodangust 2020. aasta mahus (2230 GWh) ei kajastu või kajastub vähesel määral, sest võrguga liitumine toimus suures ulatuses 2020 aasta III ja IV kvartalis ning 2021. aastal. Tõenäoliselt on 2021. aasta lõpuks võrguga ühendatud uusi päikeseelektrijaamu 350 GWh ületava aastase kogutoodanguga ning 2030. aastaks seatud eesmärk 30% prognoositud elektritarbimisest 8600 GWh/a ehk 2580 GWh/a täidetud ainult lisandunud päikeseelektrijaamu arvesse võttes.

Taastuvenergia eesmärkide täitmiseks peetakse arvet toodetud ja tarbitud energia üle. Liikmesriikidele seatud tähtajalised eesmärgid on sõnastatud konkreetse taastuvenergia osakaaluga energia lõpptarbimisest, mis peab olema saavutatud konkreetseks ajahetkeks näiteks 25% 2020. aastaks ja 30% 2030. aastaks. Riikidevahelise koostöö raames on võimalik riikidevaheline kaubandus statistiliste ühikutega (MKM, Statistikaubanduse täiendav tulu vähendab taastuvenergia tasu 2019a). Ülejäägiga liikmesriikidel on võimalik müüa ning puudujäägiga liikmesriikidel osta statistilisi ühikuid. Koostöömehhanismide mõte on paindlikumalt saavutada Euroopa Liidu ühist eesmärki, mis 2020. aastaks oli 20%.

Eestile seati miinimumeesmärgiks saavutada taastuenergia osakaal 2020. aastaks 25% ja 2030. aastaks 30% energia lõpptarbimisest. Aastast 2011 on Eesti eesmärgi ennaktempos täitnud ning ülejäävat statistikat müünud (MKM 2017). Esimene energiastatistika ülekande leping sõlmiti 2017. aasta lõpus Luksemburgiga lõpliku mahuga 950 GWh hinnaga 15 eurot MWh eest ehk kogumahuga 14,25 miljonit eurot (Delfi 2020c). Teine leping sõlmiti 2020. aasta alguses Maltaga algse mahuga 100 GWh hinnaga 20 eurot MWh eest ehk kogumahuga 2 miljonit eurot (MKM 2020a). Kolmas leping sõlmiti 2020. aasta lõpus Iirimaaga algse mahuga 2500 GWh hinnaga 15 eurot MWh eest ehk kogumahuga 37,5 miljonit eurot (MKM 2020b). Kõik lepingud sõlmiti võimalusega üle kantava statistika mahtu suurendada. Eesti on seatud eesmärgid täitnud ning toetanud statistiliselt teiste riikide eesmärkide täitmist.

2. METOODIKA

2.1. Päikeseelektrijaama asukoht

PVJ rajamise kulude ja kasumlikkuse kindlaks tegemiseks läbiti PVJ rajamise protsess, selgitati välja selle rajamise kulud ja võimalik tootlus. Päikeseelektrijaama rajamist plaaniti eraisiku olemasoleva Elektrilevi liitumispunkti lähedusse (joonis 2). Maa-ameti ortofotol koos tehnovõrkude kitsendustega on kollase joonega märgitud ehitusjärgus hoone asukoht. Paigaldusviisi üle otsustamisel arvestati peamiselt ruumilist sobivust lähiümbrusesse. Katusepaigalduse puhul tuli arvestada katusepinna suuruse, orienteerituse ilmakaarte ning kaldenurga maapinna suhtes ja katuse vanusega.



Joonis 2. Päikeseelektrijaama rajamiseks planeeritud ala (Maa-amet 2021)

Objekti liitumispunkt Elektrilevi jaotusvõrguga asub hajaasustuse mõistes keskpärasas asukohas. Madalpinge mastalajaam on piki elektriliine u 500 m ja linnulennult u 400 m kaugusel. Planeerimisprotsessi alguses olid madalpingeliinideks paljasjuhtmed ning ilma ümberehitustöödeta oli võimalik liituda võrku antava kuni 5 kW maksimumvõimsusega. Planeerimisprotsessi ajal madalpingeliinid ootamatult rekonstrueeriti ning võimalikuks sai liitumine kuni 15 kW maksimumvõimsusega. Keskpingeliinid kulgevad u 100 m kauguselt ning seega on võimalik ka suuremate liitumisvõimsuste rajamine ilma täiendavat keskpinge elektrivõrku ehitamata, kuid sellisel juhul kaasneb uue alajaama ehitus. Keskpingevõrgu täpne maksimaalne liitumisvõimsus tootmise suunal ei ole teada.

2.2. Päikeseelektrijaama planeerimine

Päikeseelektrijaama rajamise ideest kuni täieliku valmimiseni tuleb läbida mitmeid etappe, mille käigus tekivad kulutused. Tinglikult võib päikeseelektrijaama rajamise maksumuse jagada komponentideks: territoorium, liitumine elektrivõrguga, maa, insenertehnilised jms tööd nagu projekteerimine, detailplaneering, geoloogilis-geodeetilised uuringud, keskkonnamõjude hindamine, omanikujärelvalve, elektriaudit, ehitamises sisalduvad PV paneelid, inverter, alusraam, kaabeldus, tööjõud, projektijuhtimine ja objekti üldkulu, transport ning piirdeaed ja valvesüsteem (Konkurentsiamet 2020, 17). Sõltuvalt oludest võivad mõned etapid teatud juhul omada väga olulist rolli, kuid teisel juhul hoopis ära jääda.

Päikeseelektrijaama rajamise kulud kujunesid peamiselt hinnapakkumistele tuginedes, kuid elektrivõrgu liitumispunkt ehitati välja ning lõplik maksumus täpsustus. Hinnapakkumisi küsiti PVJ ning võrguliitumise ehitamisele. Töös on esitatud viimane pakkumus PVJ rajamiseks, milles sisalduvad kõik teadaolevad kulutused ning võrguliitumise arve, mis kujunes liitumispunkti kahesuunalisele mõõtmisele ümber ehitamise kuludest.

Katusele paigaldatavale PVJ hinnapakkumist esitades lähtus Elektrum AS tavapärasest praktikast, et piiravaks teguriks on katuse pindala ning kõrgete baaskulude tõttu on ühikuhinna alandamiseks parim lahendus maksimaalse võimaliku võimsusega. Potentsiaalse katusele paigaldatava 10 kW maksimumvõimsusega PVJ rajamise hinnapakkumises sisaldub enamik kuludest: insenertehnilised jms tööd, elektriaudit, PV paneelid, inverter, alusraam, kaabeldus, tööjõud, projektijuhtimine ja objekti üldkulu. Elektrilevi OÜ liitumistaotluses ja hilisemates arvetes, mis esitati liitumispunkti välja ehitamise eest, sisaldub liitumine elektrivõrguga. Töös arvestati kõikide teadaolevate kuludega, välja arvatud isiklik ajakulu ning konkreetses olukorras ebavajalikud ning marginaalsed kulud nagu territoorium (katusepaigaldus), omanikujärelvalve ning piirdeaed ja valvesüsteem.

Võrguga liitumise maksumus sõltub väga paljudest teguritest, mis kõik ei pruugi soovijale teada olla ning seega on võimalik maksumus teada saada alles Elektrilevi OÜ'le saadetud liitumistaotluse vastuses. Ilma liitumistaotlust esitamata on vajaliku informatsiooni hankimine väga keeruline. Puuduliku informatsiooni tõttu pidi liitumispunkti ehitamise maksumuse väljaselgitamiseks planeerimise käigus muudatuste tekkimisel saatma Elektrilevi OÜ'le igakordselt uue liitumistaotluse, mis põhjustas täiendavat ajakulu.

2.3. Investeeringu tasuvus

Investeeringu tasuvust hinnatakse kulude ning prognoositava rahalise säästuga. Kulud sõltuvad peamiselt tehnilisest lahendusest ning tulud konkreetse asukoha ilmastiku- ja mikrokeskkonna tingimustest, mis mõjutavad toodangut. Oluline mõju on kohapeal tarbitava elektrienergia hulgal, sest omatoodangut tarbides on kõrge võrgutasude osakaalu tõttu sääst märkimisväärselt suurem kui toodangut elektrivõrku müües.

Päikeseelektrijaama toodangut prognoositi Euroopa Komisjoni interaktiivse rakendusega PVGIS, mis koondab olulised andmehulgad (Euroopa Komisjon 2021). Vaba juurdepääsuga rakendus annab konkreetse asukoha andmetele tuginedes potentsiaalse elektritoodangu. Elektrienergia toodangu arvutamise sisendandmeteks on asukoht, kasutatav tehnoloogia, paigaldatud võimsus, süsteemi kaod (vaikimise väärtusega 14%), paigaldusviis, kaldenurk, kõrvalekalle lõunasuunast.

PVGIS arvutab toodetud elektrienergia omahinna sisestatud andmete põhjal: süsteemi maksumus, intress ning prognoositud kasutusaeg arvestades lisaks võimalikku hoolduskulu. PV toodang on kuu ning aasta keskmine ja põhineb planeeritava PVJ sisendandmetel. Pikaajaline varieeruvus (erinevad aastad) põhineb standardhülbel, mis põhineb konkreetse asukoha olemasoleval päikesekiirguse hulga andmestikul (andmebaase on kolm PVGIS-SARAH, PVGIS-ERA5 ja PVGIS-COSMO; kasutati esimest). Rakendus kasutab ilmastiku andmetest päikesekiirguse hulka, temperatuuri ja tuule kiirust.

2.4. Eesti taastuvenergia eesmärkide täitmine

Taastuvenergia statistiliste eesmärkide täitmist analüüsiti avaliku info põhjal. Seatud eesmärkide, toodetud energia statistiliste ühikute ning toetamise ja statistiliste ühikute ülekandmise lepingute sõlmimise kohta koguti andmeid mitmetest dokumentidest, riigiasutuste pressiteadetest, infost kodulehekülgedel ning ajakirjanduses ilmunud artiklitest. Statistiliste ühikute ülekandmise lepete analüüsimisel lähtuti kulude ning tulude kujunemisel tavapärasest loogikast: ülejäävaks peetakse kõige kõrgemate kuludega tekkinud statistikat. Loogiline on Eesti riigi taastuvenergia eesmärkide katmiseks kõigepealt arvestada kogu statistika madalaimate kuludega tekkinud osa ning statistiliste ühikute müügitulu vähemalt peab katma taastuvenergia toetamise kulutused. Ülejääk on tekkinud üleliigse toetamise tagajärjel ülemääraselt rajatud taastuvelektrijaamade toodangu põhjal. Praktikas peaks olema

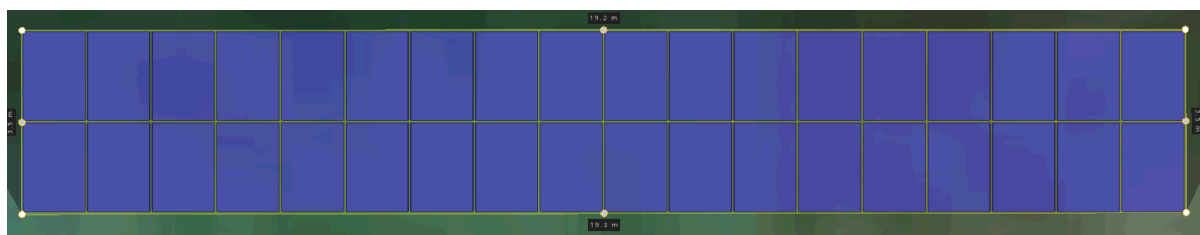
väljastatud statistiliste eesmärkide saavutamise järgne täiendavate toetuse maksmine, sest õiguslik alus on ära langenud.

Kõrge määraga toetusi makstakse 2020. aasta lõpuks valminud tootmisüksustele toodetud taastuvelektrienergia eest 12 aasta vältel ehk 2032. aasta lõpuni. Seetõttu on statistika ülekandmise lepingute loogiliseks hinnapõrandaks toetuse määr 53,7 eurot/MWh. Toetustele lisandub Elering AS toetamisega seotud tegevuste halduskulud ning taastuenergia tasule lisandub käibemaks. Olulisi aspekte, millega arvestada on veel mitmeid ning lõpliku statistiliste ühikute ülekandmise hinna kujunemine läbirääkimiste käigus asjakohane. Taastuenergia statistiliste ühikute müügist saadud tulud suunatakse taastuenergia toetuse maksmise eelarvesse, mis aitab vähendada taastuenergia tasu suurust inimeste elektriarvetel (Delfi 2019a) või otsustab raha kasutuse valitsus (MKM 2020b).

3. TULEMUSED

3.1. Perspektiivse 10 kW maksimumvõimsusega katusele paigaldatava päikeseelektrijaama rajamise maksumus

Lähiümbrusesse oli ruumiliselt sobivaim rajada PVJ katusele. Sobivaimaks osutus ehitusjärgus hoone lõunasuunalise katuse olemasolu, sobiva 30° kaldenurga ning suure pindala tõttu. Valitud hoone katusele (lõunapoolne külg pindalaga umbes 92m²) oli võimalik paigaldada paneele maksimaalselt 13,6 kW (340W päikesepaneeli 40 tk) ning sellisel juhul on mõistlik kasutada kuni 10 kW inverterit (joonis 3). Otsustatigi rajada soovitud asukohas maksimaalse võimaliku võimsusega päikeseelektrijaam.



Joonis 3. Illustratsioon päikesepaneelide paigutusest ehitusjärgus hoone katusele

Elektrum AS 29.09.2020 saadetud hinnapakumine päikeseelektrijaama rajamiseks nägi ette maksumust 15668,25 eurot (joonis 4). Pakkumine sisaldab muuhulgas u 100 m maakaabli paigaldamist hoone ja liitumiskilbi vahele, mis suurendas maksumust hinnanguliselt umbes 3000 euro võrra. Piisavalt võimsa kinnistusesise maakaabli ning elektrikilbi olemasolu hoones oleks nendest kuludest vabastanud. Tööd osutusid vältimatult vajalikuks ning seetõttu kajastas ettevõtte need päikeseelektrijaama rajamise hinnapakumises.

Hinnapakkumine päikeseelektrijaama rajamiseks

Kliendi nimi: Andri Alliksoo

Kontakt tel ja e-post:

Objekti aadress:



Kuupäev: 29.09.2020

Päikese Klõps – 13,6 kW paneelide võimsusega päikeseelektrijaam

1.	Päikesepaneelid Jinko 340 W	40 tk
2.	Inverter Kostal plenticore plus 10 (Saksa)	1 tk
3.	Kinnitused, eterniit (Saksa)	Paketis
4.	Transport ja paigaldus	Paketis
5.	Dokumentatsioon ja asjaajamine	Paketis

Kuumaks (periood 60 kuud)

221,97 eurot

Sissemaks (15%)

2350,24 eurot

- Kuumakse 221,97 eurot, ühekordne sissemakse 2350,24 eurot, osamaksete arv 60, hind ühe osamaksega väljaostamise korral 15668,25 eurot. Hinnad sisaldavad käibemaksu 20%.

Joonis 4. Väljavõte Elektrum AS 29.09.2020 hinnapakkumisest 10 kW maksimumvõimsusega päikeseelektrijaama ehitamiseks eterniitkatusele

Võrguga liitumise maksumus võib ulatuslike tööde vajaduse korral osutuda märkimisväärselt kulukamaks. Uurimistöö autor alustas Elektrileviga suhtlemist võimaliku päikeseelektrijaama rajamise osas ajal kui tegemist oli veel amortiseerunud paljasjuhtmelise liiniga ning liitumistaotluse hinnapakkumises sisaldasid võrgu ulatusliku rekonstrueerimise kulutused (joonis 5). Juhul kui elektrivõrgu rekonstrueerimine on lähiajal plaanis, siis tähendab nende kulude kandmisega nõustumine Elektrilevile lähitulevikus suurt kulude kokkuhoidu. Samas muutub ettevõtmine selgelt kahjumlikuks ning mõistlik on plaane edasi lükata või nendest loobuda, sest sellisel juhul katab nende investeeringute kulud Elektrilevi. Pärast elektrivõrgu rekonstrueerimist 2020. aasta suvel, mis Elektrilevi esindaja hinnangul veel plaanis ei olnudki ning ootamatult ette võeti, pidi tasuma vaid liitumispunktis tehtud tööde eest (joonis 6).

KALKULATSIOON



Kirjeldus	Kogus	Ühiku maksumus
Projekt	1	2145.00
Madalpinge õhuliini ehitamine, ca 510 meetrit	1	8452.00
Demontaažitööd ja materjali käitlemine	1	1300.00
Alajaamas seadmete paigaldamine või asendamine	1	5572.00
1-kohalise liitumiskilbi paigaldamine mastile	1	1327.00
Projekti juhtimise tasu 3,35%	1	629.67

Kalkulatsioon kokku: 19425.67€

Elektrilevi arenduskohustus: - 20.0%

Kalkulatsioon ilma km-ta: 15540.53€

Käibemaks: 20%

Kalkulatsioon koos km-ga: 18648.64€


Tööde lõplik maksumus täpsustub pärast projekti koostamist

KALKULATSIOONI KOOSTAJA

Nimi	Kuupäev
	20.01.2020

Joonis 5. Väljavõte Elektrilevi OÜ mikrotootja liitumise hinnapakumise kalkulatsioonist enne madalpinge elektrivõrgu rekonstrueerimist

Arve nr	627047
Arve kuupäev:	01.10.2020
Maksetähtaeg:	08.10.2020
Viitenumber:	

Nimetus	Maksumus
 Elektrilevi liitumised	190,25 €
Summa käibemaksuta:	190,25 €
Käibemaks 20%:	38,05 €
Viivis:	0,00 €
Arve summa:	228,30 €
Kuulus tasumisele eelmise perioodi lõpul:	344,84 €
Perioodi eest laekunud arve koostamise, 01.10.2020, hetkeks:	344,84 €
Kuulub tasumisele	228,30 €

Joonis 6. Väljavõte Elektrilevi OÜ mikrotootja liitumise viimase osamakse arvest

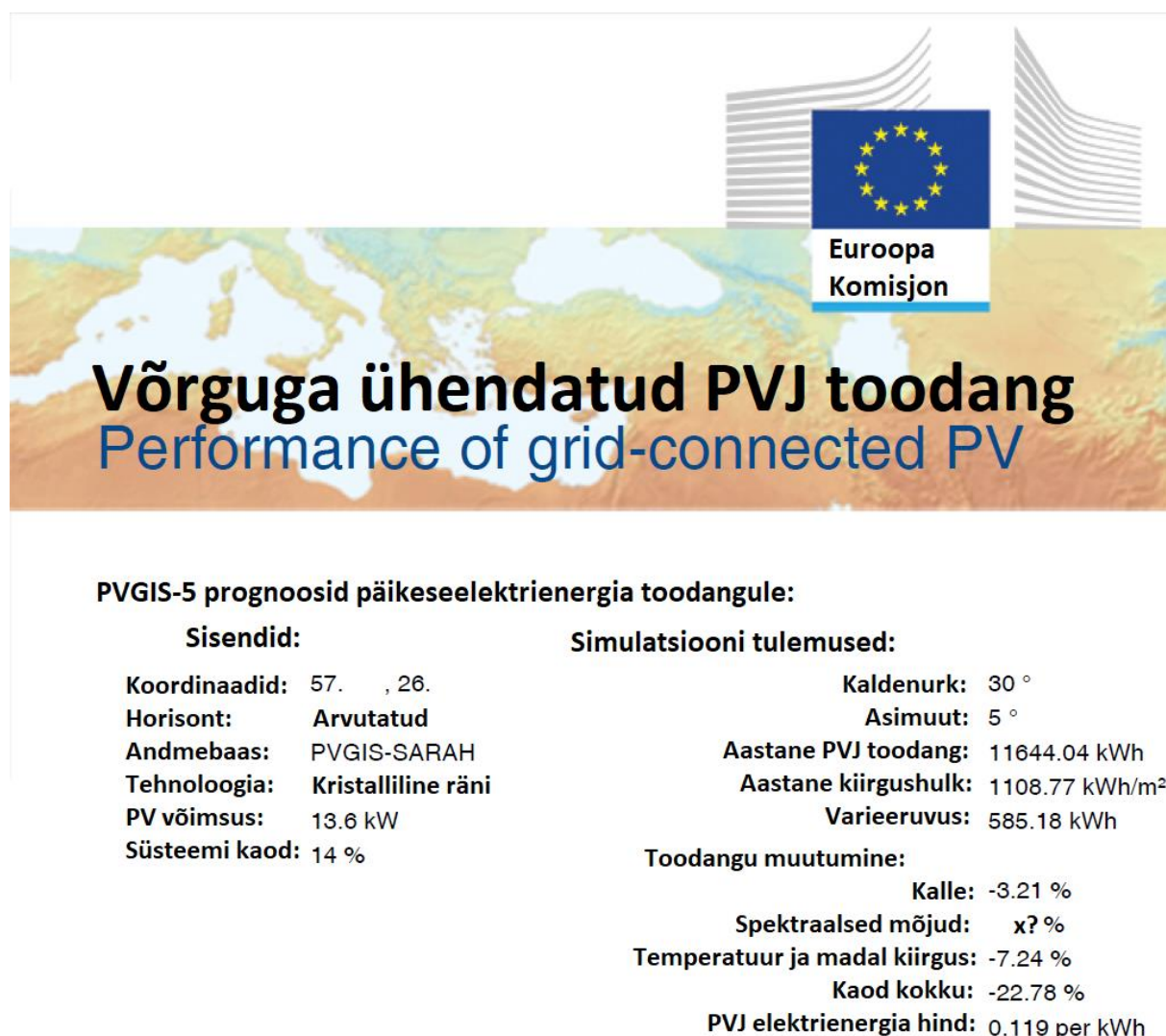
Liitumispunkt jaotusvõrguga ehitati välja ning selgus, et töö hind osutus hinnapakkumisest veidi soodsamaks. Elektrilevi OÜ 01.10.2020 saadetud viimase osamakse arve kohaselt osutus liitumistasu suuruseks kokku 573,14 eurot, millest 72 eurot oli lepingu menetlustasu (joonis 6). Elektrilevi OÜ tegi tööd 03.09.2020. saadetud hinnapakkumise põhjal, milles oli liitumistasu suuruseks kokku oli hinnatud 617,69 eurot täpsustusega, et lõplik hind kujuneb vastavalt tegelikele kuludele. Arvete alusel osutus liitumine 44,55 eurot soodsamaks.

Joonistel 5 ja 6 näidatud maksumused kehtisid mitme erineva võimsusega liitumise puhul. Joonisel 5 näidatud arve esitati välja ehitatud 10 kW võimsusega liitumisele, kuid teadaolevalt oli sama summa eest võimalus liituda kuni 15 kW võimsusega. Joonisel 6 näidatud liitumispakkumise kalkulatsioon kehtis muutumatul kujul nii 15 kW kui ka 30 kW võimsusega liitumisele. Oluline on täpsustada, et joonisel 5 näidatud hinnapakkumine esitati enne võrgu rekonstrueerimist ning joonisel 6 näidatud summa kujunes liitumisel pärast võrgu rekonstrueerimist. 15 kW ületava võimsuse puhul pärast rekonstrueerimist ei ole enam vaja kõiki töid teha ning nende eest tasuda nagu õhuliini ehitamine, kuid säilib näiteks alajaamas seadmete vahetamise vajadus. Liitumiskilbi paigaldamise vajadus tulenes vajadusest liitumispunkti järele teises asukohas ning olemasolevas asukohas oleks liitumispakkumine olnud selle võrra soodsam. Enne elektrivõrgu rekonstrueerimist oli joonisel 6 näidatud kuludega võimalik liituda maksimaalselt kuni 5 kW võimsusega. Liitumismaksumus kujuneb konkreetsete olude ning taotluses esitatud soovide kohaselt ning ühtlast seost soovitud liitumise tootmissuunalise võimsuse ja tekkivate kulude vahel ei ole.

Muudatuse tulemusena mõõdab kaugloetav arvesti nüüd kahesuunaliselt ning lisaks aktiivvõimsusele ka reaktiivvõimsust. Andmete edastamise parendamiseks lisati täiendavalt antenn. Juhul kui tulevikus tekib soov siiski elektrienergiat võrku müüma hakata on see võimekus välja ehitatud. Tuleb esitada lepingu muutmise taotlus, et kooskõlastada võrguga ühendatav seade kui see on hetkel lepingus nimetatud seadmest erinev ning tasuda lepingumenetlustasu 72 eurot. Süsteemi maksumuseks oleks kujunenud tegelike liitumiskulutuste ning PVJ rajamise hinnapakkumises esitatud maksumusega kokku umbes 16 250 eurot (16 241 eurot ja 39 senti).

3.2. Päikeseelektrijaama tasuvus

Planeeritud kohas oli sobiva hoone katuse pindala 92 m² kaldega 30° ning asimuudiga 5° ehk väga lähedal lõunasuunalisusele. Prognoositud aastaseks päikeseelektrienergia toodanguks on 11 644 kWh (joonis 7). Arvestades soodsa 5% intressi ning optimaalse 30 aasta pikkuse päikeseelektrijaama elueaga kujuneb antud päikeseelektrijaamast toodetud elektrienergia hinnaks 0,119 €/kWh (joonis 7). PVGIS arvutab toodetud elektrienergia omahinda võttes arvesse soetamismaksumust, finantseerimise kulusid ning hoolduskulusid ja prognoositud elektrienergia toodangut süsteemi eluea jooksul (Euroopa Komisjon 2020).



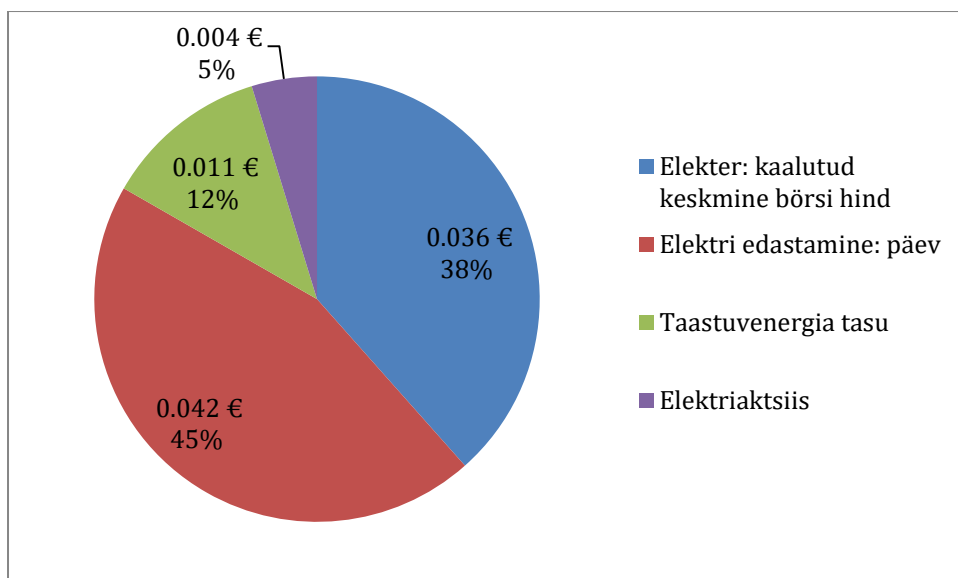
Joonis 7. Väljavõte kavandatud päikeseelektrijaama toodangu prognoosist (Euroopa Komisjon 2019)

Konkreetses tarbimiskohas 2020. aastal tarbitud 5433,561 kWh elektrienergia eest tasuti koos võrguteenusega 619,3 eurot, millest 560,26 eurot moodustas muutuvkulu ning 59,04 eurot

moodustas püsikulu võrguühenduse kuutasu näol (tabel 2). Selgus, et 2020 aasta hindade alusel oli muutuvkulu elektrienergia tarbimise eest päeval 0,113 eurot/kWh, mis on soodsam päikeseelektrijaama ehitamisel omatoodangu hinnast 0,119 eurot/kWh. Seega praeguse elektri hinnaga on elektrivõrgust tarbimine soodsam omatoodangust. Joonisel 8 on näidatud elektri tarbimise kulude (KM-ta) kujunemine selles tarbimiskohas. Elektri börsihind moodustab kuludest 38%.

Tabel 2. Koondatud tarbimiskoha tarbimisandmed ning tasutud summad vastavalt elektrimüüja poolt esitatud arvetele perioodi 2020. aasta 1. jaanuar- 31. detsember eest

Tarbimine 2020. aastal				
Elektri hind tarbijale				
Kuu	Päev (kWh)	Öö (kWh)	Kokku (kWh)	Börsihinnaga (KM-ga)
1 Jaanuar	283.306	218.161	501.467	20.64 €
2 Veebruar	225.116	199.891	425.007	15.43 €
3 Märts	274.665	216.161	490.826	16.50 €
4 Aprill	284.4	236.702	521.102	16.20 €
5 Mai	233.863	266.463	500.326	16.08 €
6 Juuni	185.834	183.769	369.603	17.52 €
7 Juuli	202.679	183.949	386.628	15.35 €
8 August	221.44	220.604	442.044	23.38 €
9 September	181.197	177.768	358.965	18.12 €
10 Oktoober	222.271	194.945	417.216	20.82 €
11 November	216.062	233.572	449.634	23.59 €
12 Detsember	323.376	247.367	570.743	32.78 €
Aasta kokku	2854.209	2579.352	5433.561	236.41 €
Võrgutasu tarbijale	Hind (€/kWh)	Kogus (kWh)	Maksumus (KM-ta)	Maksumus (KM-ga)
Elektri edastamine: päev	0.042 €	2854.209	120.73 €	144.88 €
Elektri edastamine: öö	0.025 €	2579.352	63.45 €	76.14 €
Kuutasu, 20A	4.100 €	12	49.20 €	59.04 €
Taastuenergia tasu	0.011 €	5433.561	61.40 €	73.68 €
Elektriaktsiis	0.004 €	5433.561	24.29 €	29.15 €
Kokku			319.07 €	382.89 €
Muutuvkulu tarbijale	Hind (€/kWh)	Kogus (kWh)	Maksumus (KM-ta)	Maksumus (KM-ga)
Elekter: kaalutud keskmine börsi hind	0.036 €	5433.561	197.01 €	236.41 €
Elektri edastamine: päev	0.042 €	2854.209	120.73 €	144.88 €
Elektri edastamine: öö	0.025 €	2579.352	63.45 €	76.14 €
Taastuenergia tasu	0.011 €	5433.561	61.40 €	73.68 €
Elektriaktsiis	0.004 €	5433.561	24.29 €	29.15 €
Kokku		5433.561	466.88 €	560.26 €
Tarbitud ühiku hind: päev	0.094 €	1	0.094 €	0.113 €
Tarbitud ühiku hind: öö	0.077 €	1	0.077 €	0.092 €
Tarbitud ühiku hind: kaalutud keskmine	0.086 €	1	0.086 €	0.103 €



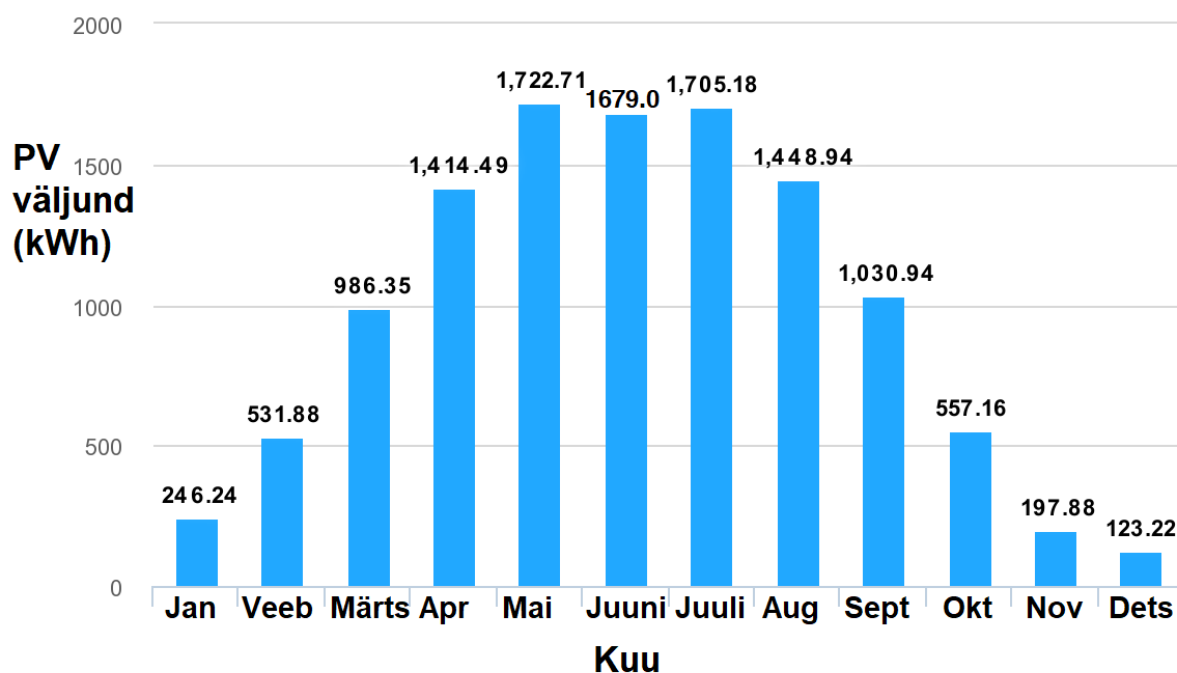
Joonis 8. Elektri tarbimise kulude kujunemine päeval (KM-ta)

Taastuenergia toetust 53,7 eurot/MWh ehk 0,0537 eurot/kWh eest saaks planeeritud päikeseelektrijaama poolt võrku müüdud elektrienergia eest 12 aasta jooksul kui jaam oleks valminud hiljemalt 2020. aastal. Võrku müüdud elektrienergiast saadav tulu oleks toetuse võrra suurem ning moodustuks järgnevalt: 1 kWh müügi eest 0,0537 eurot taastuvelektrienergia tootmise toetust + börsi hind – elektrimüügiga tegeleva ettevõtte marginaal kui see ei ole 0 eurot. Konkreetse tarbimiskoha tarbitud elektrienergia börsihinna kaalutud keskmine oli 2020. aastal 0,036 eurot/kWh ning marginaali 0 eurot korral saaks võrku müüdud elektrienergia eest 0,0897 eurot/kWh, mis on võrgutasude suure osakaalu tõttu tarbitava elektrienergia hinnas ootuspäraselt väiksem kui sääst (KM-ga) omatarbimisel. Sääst omatarbimisel on suurem müügitulust olenemata enamasti kõrgemast börsihinnast keskpäeval ajal. Samas võib tulevikus elektri hind suure päikeseelektrienergia toodangu tõttu keskpäeval ajal soodsamaks muutuda. Taastuenergia toetuse tulude küsimus ei ole enam aktuaalne, sest alates 2021. aastast valminud 50 kW maksimumvõimsusest väiksemate uute päikeseelektrijaamade võrku müüdud taastuvelektrienergia toodangu eest toetust ei maksta. Toetust makstakse ainult vähempakkumise hanke võitjatele, kus saab osaleda 50 kW- 1MW võimsusega elektrijaama rajamist planeerides.

Eratarbija elektrienergia tarbimise kulude kujunemine tulevikus on ebaselge. Elektriaktsiis on marginaalne ning ilmselt ei muutu, elektri börsihind on muutlik, võrgutasude osas on oodata suuremat püsitasude osakaalu väiksema muutuvkuluga ning taastuenergia tasu määr on otseselt mõjutatud poliitilistest otsustest. Joonisel 9 on näidatud PVGIS prognoositud elektrienergia toodangu jaotumine aasta lõikes ning tabelis 3 on näidatud 2020. aasta kuisele elektrienergia börsihinnale (Nord Pool 2021) tuginev võimalik elektrienergia müügist saadav tulu ja rahaline sääst. Selgelt väljendub võrgutasu kõrge osakaalu mõju elektrienergia tarbimise kogukulus: 50% omatarbe korral võib aastane rahaline sääst olla kokku umbes 700 eurot.

Fikseeritud kaldenurgaga süsteemi elektrienergia toodangu prognoos

(C) PVGIS, 2021



Joonis 9. Aastase toodangu prognoos (Euroopa Komisjon 2019)

Tabel 3. Aastase prognoositud toodangu tulu ja sääst

		Börsihind (€/MWh)	Börsihind (€/kWh)	Toodangu prognoos (kWh)	% kogu- toodangust	Tulud börsihinnaga (100% müük) (€/kWh)	Võrgutasu muutuvkulu (€/kWh)	Kogu muutuvkulu (€/kWh)	Sääst omatarbimisel (100%)	Keskmine prognoositud sääst (50% omatarve/müük)
2020	Jaanuar	30.82 €	0.031 €	246.24	2.1%	7.59 €	0.058 €	0.089 €	21.89 €	14.74 €
2020	Veebruar	28.11 €	0.028 €	531.88	4.6%	14.95 €	0.058 €	0.086 €	45.84 €	30.39 €
2020	Märts	24.02 €	0.024 €	986.35	8.5%	23.69 €	0.058 €	0.082 €	80.97 €	52.33 €
2020	Aprill	23.69 €	0.024 €	1414.49	12.1%	33.51 €	0.058 €	0.082 €	115.65 €	74.58 €
2020	Mai	25.02 €	0.025 €	1722.71	14.8%	43.10 €	0.058 €	0.083 €	143.14 €	93.12 €
2020	Juuni	37.77 €	0.038 €	1679.05	14.4%	63.42 €	0.058 €	0.096 €	160.92 €	112.17 €
2020	Juuli	30.10 €	0.030 €	1705.18	14.6%	51.33 €	0.058 €	0.088 €	150.35 €	100.84 €
2020	August	40.90 €	0.041 €	1448.94	12.4%	59.26 €	0.058 €	0.099 €	143.40 €	101.33 €
2020	September	39.60 €	0.040 €	1030.94	8.9%	40.83 €	0.058 €	0.098 €	100.69 €	70.76 €
2020	Oktoober	37.62 €	0.038 €	557.16	4.8%	20.96 €	0.058 €	0.096 €	53.31 €	37.14 €
2020	November	40.99 €	0.041 €	197.88	1.7%	8.11 €	0.058 €	0.099 €	19.60 €	13.86 €
2020	Detsember	45.49 €	0.045 €	123.22	1.1%	5.61 €	0.058 €	0.104 €	12.76 €	9.18 €
2020	Aasta			11644.04	100%	372.35 €			1,048.52 €	710.44 €
				Kaalutud keskmine		0.032 €			0.090 €	0.061€/kWh

3.3. Eesti taastuvenergia eesmärkide täitmine

Alates aastast 2011 on Eesti suutnud endale seatud taastuvenergia eesmärged ennaktempos täita ning kasutatud on võimalust ülejäänud statistilisi ühikuid müüa, samas on toetuste maht pidevalt kasvanud ehk täiendavalt toetuste välja maksmist alustatud (liitunud on uusi tootjaid). Elektribijajatelt kogutakse taastuvenergia tasu, et rahastada tootjatele makstavaid taastuvenergia toetusi (Elering AS 2021e). Taastuvenergia eesmärkide saavutamine, ülejääva

statistika müümine ning eraisikutes ja energiamahukates ettevõtetes pahameelt põhjustav kõrge määraga taastuenergia tasu on tekitanud mitmeid küsimusi. Uurimistöö autor süvenes taastuenergia tasuga seonduvasse analüüsisid peamiselt hetkeolukorda.

2020. aastal maksti toetusi kokku 103,5 miljonit eurot (Delfi 2020a). Riik lisas tarbijate eest taastuenergia toetuste süsteemi 2020. aastal 12 miljonit eurot, et taastuenergia tasu ei tõuseks (risk oli tasemele 1,5 senti/kWh (Delfi 2020b)) (Delfi 2020a). Tarbijad katsid toetussummast 88,9 miljonit eurot (Delfi 2020a). Toetatud toodangu maht oli 1927 GWh (Delfi 2020a). Statistiliselt oli ühiku toetussumma seega umbes 53,7 eurot/MWh.

2021. aastal prognoositakse välja makstava toetuse suuruseks 94 miljonit eurot (Elering AS 2021e). Toetatakse nii taastuvelektrienergiat kui tõhusat koostootmist kokku mahus 1799 GWh ning toetustele lisandub täiendavalt administreerimise kulu (2020. aastal) 0,77 miljonit eurot ning intresside kulu (Elering AS 2021e). Statistiliselt prognoositakse ühiku toetussummaks, arvestades toetusi koos eelmise perioodi administreerimise kuluga ning arvestamata jättes intresside kulu, seega umbes 52,7 eurot/MWh.

Statistiliste ühikute ülekandmise leping sõlmiti viimati 2020. aasta lõpus Iirimaaga. Lepingu kohaselt kannab Eesti Iirimaale ülejäävaid taastuenergia statistilisi ühikuid mahus 2500 GWh 37,5 miljoni euro eest (MKM 2020b). Seega lepiti kokku, et ühiku hind on 15 eurot/MWh. Suurendades 2020. aastal toetatud toodangu mahtu võrdeliselt toetussummaga 1927 GWh'lt 2500 GWh'ni kujuneb statistika tekkimise toetamisarvestuslik kulu. Järelikult kanti müügitehinguga 37,5 miljoni euro eest üle statistilisi ühikuid, mille tekkimiseks maksti toetusi umbes 134 miljonit eurot. Sisuliselt doteeris Eesti statistiliste ühikute Iirimaale üle kandmisega Iirimaa taastuenergia eesmärkide täitmist umbes 96,5 miljoni euroga.

134 miljonist eurost 37,5 ja 96,5 miljonit eurot moodustavad vastavalt umbes 28% ning 72%. Lähtudes Eesti ja Iirimaa vahel sõlmitud statistiliste ühikute ülekandmise mahust ning kokku lepitud hinnast võib lihtsustatult väita, et 2020. aastal elektritarbijatelt kogutud taastuenergia tasu määra 1,13 senti/kWh moodustas panus Eesti taastuenergia eesmärkide täitmisesse umbes 0,32 senti/kWh ning Iirimaa taastuenergia eesmärkide täitmisesse umbes 0,81 senti/kWh. Taastuenergia statistiliste ühikute ülekandmine märkimisväärselt madalama hinnaga kui on kulutused taastuenergia toetamisele põhjustab Eesti elektritarbijatele ülemäärast majanduslikku koormust.

Elering arvestab 2021. aasta tariifis neli miljonit eurot laekumisi statistikakaubanduse tuludest (Elering AS 2021e). Järelikult on hetkel olemasolevate elektrijaamade toodangu põhjal ette näha, et taastuenergia statistikat jääb üle ning eesmärgid on täidetud. Samas korraldab riik kolmanda vähempakkumise kuigi vähempakkumisi peaks korraldama riigi taastuenergia eesmärkide täitmiseks vähima võimaliku kuluga elektritarbijale (MKM 2021b). Loogiline ei ole uutele tootjatele toetuse maksmine ulatuses, mis ületab prognoositud tulusid sama koguse statistiliste ühikute müügi eest. 2021. aasta tariifis arvestatud laekumiste puhul ei ole sõnastatud müüdavat statistiliste ühikute mahtu ning seega on ühikuhind teadmata, kuid varasemate tehingute põhjal on teada, et statistilisi ühikuid kantakse üle märkimisväärselt madalama kokkuleppehinnaga. Toetuste rahastamise koorma delegeerimine elektritarbijatele ilma toetamise vajaduseta põhjustab ning on tõenäoliselt juba ammu põhjustanud ülemäärase omandi põhiõiguse riive. Kogu täiendav statistika ületab seatud eesmärgid ning nähtavasti seda müüakse toetamise kulu tagasi teenimata põhjendamatult suurendades elektritarbijatele seatud majanduslikku koormust. Arvestades kaasnevaid ebasoodsaid ühiskondlikke mõjusid nagu võimalik elektrienergia hinna või elektrivõrgu ülalpidamiskulude kasv on kahju veelgi suurem. Seesugusel moel rakendudes ei ole kohustuslik taastuvelektrienergia tasu hetkel kooskõlas toetuse eesmärkide täitmisega.

Taastuenergia toetamise tõhusust on võimalik suurendada. Üle tuleb vaadata kõigepealt toetamise tegelik vajadus. Tulevikus toetamist jätkates saab vähendada toetuse mahtu, et suureneks konkurents pakujate vahel. Teiseks saab alandada toetusmäära juba vähempakkumise tingimustega madalamat toetusmäära kehtestades. Selgelt tuleb tagada, et täiendav toetamine ei põhjusta koormust elektritarbijale, sest taastuenergia tasu peamised eesmärgid on täidetud. Hetkel tuleb statistiliste ühikute ülekandmise lepinguid sõlmida piisavalt kõrge ühikuhinnaga, et katta toetamise kulud. Pärast kõrge määraga toetamise lõppemist on võimalik toetatava statistika mahu vähenemisega proportsionaalselt alandada ühikuhinda statistiliste ühikute ülekandmise lepinguid sõlmimides. Eesti ei tohi teistele riikidele taastuenergia statistika tekkimist subsideerida statistilisi ühikuid põhjendamatult madala hinnaga üle kandes. Õiglase hinnaga kokkulepeni jõudmata tuleb statistiliste ühikute müümisest loobuda.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärk oli jõuda selgusele päikeseelektrienergia kasutamise perspektiivis eraisikutele. Esiteks käsitleti võimalust rajada PVJ ning teiseks käsitleti kohustuslikku osalemist riiklike eesmärkide saavutamises läbi taastuenergia tasu maksmise.

Selgus, et konkreetse objekti näitel oli eraisikul otstarbekam jätkata täielikult elektrienergia tarbimist elektrivõrgust, sest päikeseelektrijaama toodetud elektrienergia maksumus ületab uurimisobjekti 2020. aasta andmetele tuginedes elektrivõrgust tarbitud elektrienergia hinda. Praktikas omab olulist kaalu asjaolu, et võrgutasude kõrge osakaalu tõttu kuludes on võrku müüdud elektrienergialt saadav tulu märkimisväärselt väiksem kui sääst omatarbitud elektrienergialt. Eratarbijal on äärmiselt suure tõenäosusega turutingimustel PVJ rajamine majanduslikult ebaotstarbekas (toodangus tuleb arvestada umbes 50% omatarbe osakaaluga).

Kohustuslik osalemine riiklike eesmärkide saavutamises tõstatas õigusriive küsimuse, sest avalikele andmetele tuginedes ületab taastuenergia toodang Eestis seatud eesmärged, kuid siiski on jätkatud ning kavatsetakse jätkata uute koostootmise ja taastuvelektrienergia tootmisüksuste rajamisel elektrivõrku müüdava elektrienergia eest taastuenergia toetuse maksmist. Oluline on asjaolu, et eesmärged ületavaid taastuenergia tootmise statistilisi ühikuid riik müüb. Seega kandub statistika üle ostjariigile ega kajastu enam Eesti riiklike taastuenergia eesmärkide täitmisel. Samas on statistiliste ühikute müügihind olnud madalam elektritarbija poolt taastuenergia tasu kaudu rahastatud toetustest.

Uurimistöö autor jõudis seisukohale, et eraisikule on taastuvelektrienergia, sealhulgas päikeseelektrienergia, tootmine perspektiivne läbi kohustusliku taastuenergia tasu maksmise ehk läbi kollektiivse panuse. Samas peab lähitulevikus toetuste maksmises toimuma põhimõtteline muutus. Statistikat on siiani müüdud põhjendamatult soodsa hinnaga. Tulevikus peab elektritarbijate ülemäärase omandi põhiõiguse riive likvideerimiseks müüma statistilisi ühikuid oluliselt kõrgema hinnaga, märkimisväärselt langema taastuenergia tasu või tuleb loobuda statistiliste ühikute müümisest.

Päikeseelektrienergia arendamine on Eestis olnud turbulentne ning toetuste saamisele vastamise tingimustest tugevalt mõjutatud. Olulised puudused toetuste tingimuste nüanssidest põhimõtteliste otsusteni on pädevatele isikutele selgunud ning tuleb likvideerida. Seejärel lõppeb elektritarbija ülemäärane õigusriive ning läbi taastuenergia tasu taastuvelektrienergia tootmisesse panustamine on põhjendatud ja päikeseelektrijaama rajamisest perspektiivsem.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Apricus. 2021. [veebileht] <http://www.apricus.com/upload/userfiles/images/Grid-connected%20PV.jpg>
- Delfi. 2019a. Ministeerium: räägime taastuenergia statistika müügist nelja riigiga. [veebileht] <https://www.delfi.ee/artikkel/87014527/ministeerium-raagime-taastuenergia-statistika-muugist-nelja-riigiga>
- . 2020a. Elektritarbijad pääsevad uuel aastal taastuenergia tasu tõusust. [veebileht] <https://arileht.delfi.ee/artikkel/91819531/elektritarbijad-paasevad-uuel-aastal-taastuenergia-tasu-tousust>
- . 2020b. Valitsus otsustas suure taastuenergia toetuste miinuse ise kinni maksta. [veebileht] <https://arileht.delfi.ee/artikkel/91638635/valitsus-otsustas-suure-taastuenergia-toetuste-miinuse-ise-kinni-maksta>
- . 2020c. „Taavi Aas tegi Eesti riigi nimel kasuliku diili Malta. Küll aga pole see esimene omasugune.“ [veebileht] <https://arileht.delfi.ee/artikkel/88740715/taavi-aas-tegi-eesti-riigi-nimel-kasuliku-diili-malta-kull-aga-pole-see-esimene-omasugune>
- Eesti Taastuenergia Koda. 2020. „Taastuenergia aastaraamat (2019).“ [veebileht] http://www.taastuenergeetika.ee/wp-content/uploads/2020/10/ETEK_aastaraamat_A4_2019_veeb.pdf
- Elering AS. 2020a. „Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2020.“ [veebileht] <https://elering.ee/sites/default/files/public/VKA2020.pdf>
- . 2020b. „Elektrituru käsiraamat.“ [veebileht] <https://elering.ee/sites/default/files/elektrituru-kasiraamat.pdf>
- . 2020c. Välja makstud toetused. [veebileht] <https://elering.ee/sites/default/files/2021-05/Makstud%20toetused%202010-2021%20kuude%20kaupa%20k%C3%BCtuseliigiti.xlsx>
- . 2021a. Taastuvelekter moodustas esimeses kvartalis 23,5 protsenti tarbimisest. [veebileht] <https://elering.ee/taastuvelekter-moodustas-esimeses-kvartalis-235-protsenti-tarbimisest>
- . 2021b. Taastuvelekter kattis möödunud aastal neljandiku tarbimisest. [veebileht] <https://elering.ee/taastuvelekter-kattis-moodunud-aastal-neljandiku-tarbimisest>
- . 2021c. „Lühiülevaade Eleringist.“ [veebileht] <https://elering.ee/luhiulevaade-eleringist>
- . 2021d. „Sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga.“ [veebileht] <https://elering.ee/sunkroniseerimine>
- . 2021e. Taastuenergia tasu. [veebileht] <https://elering.ee/taastuenergia-tasu>
- Euroopa Komisjon. 2019. Photovoltaic geographical information system. [veebileht] https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- . 2021. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). [veebileht] <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- . 2020. [veebileht] <https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/docs/methods>
- Eurostat. 2018. Archive:Taastuenergia statistika. [veebileht] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/et&oldid=401179#Peamised_statistilised_n.C3.A4itajad

- Jõe, Erik. 2019. „Taastuvenergia kasutuse analüüs Eestis.“ [veebileht]
https://dspace.emu.ee/bitstream/handle/10492/5317/Erik_J%C3%B5e_2019BA_EK_t%C3%A4istekst.pdf?sequence=1
- Keskkonnaministeerium. 2021. „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuriaruanne (1990-2019).“ [veebileht] https://www.envir.ee/sites/default/files/Kliima/nir_est_1990-2019_15.03.2021.pdf
- Konkurentsiamet. 2020. Hevac OÜ ekspertanalüüs "Päikeseelektrijaamade tasuvusarvutused koostamiseks vajalikud tehnilised ja majanduslikud sisendid". [veebileht]
https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/news-related-files/hevac_ekspertanalyyis_pvj_sisendid.pdf
- Maa-amet. 2021. Kitsenduste kaardirakendus. [veebileht]
<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/kitsendused>
- Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. 2017. Eesti ja Luksemburg sõlmivad energiastatistika ülekande leppe. [veebileht] <https://www.mkm.ee/et/uudised/eesti-ja-luksemburg-solmivad-energiastatistika-ulekande-leppe>
- . 2019a. Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030. [veebileht]
https://www.mkm.ee/sites/default/files/teatis_eesti_riiklik_energia-_ja_kliimakava_aastani_2030.pdf
- . 2019b. Statistikaubanduse täiendav tulu vähendab taastuvenergia tasu. [veebileht]
<https://www.mkm.ee/et/uudised/statistikakaubanduse-taiendav-tulu-vahendab-taastuvenergia-tasu>
- . 2020a. „Eesti müüb Maltale taastuvenergia statistikat.“ [veebileht]
<https://www.mkm.ee/et/uudised/eesti-muub-maltale-taastuvenergia-statistikat>.
- . 2020b. „Eesti müüb Iirimale 37,5 miljoni euro eest taastuvenergia statistikat.“ [veebileht] <https://www.mkm.ee/et/uudised/eesti-muub-iirimaale-375-miljoni-euro-eest-taastuvenergia-statistikat>
- . 2021a. „Taastuvast energiaallikast energia tootmiseks.“ [veebileht]
<https://elering.ee/sites/default/files/2021-03/Taastuvast%20energiaallikast%20elektrienergia%20tootmise%20v%C3%A4hempakkumise%20teade%2015.03.2021.pdf>
- . 2021b. Riik korraldab kolmanda roheelektri vähempakkumise. [veebileht]
<https://www.mkm.ee/et/uudised/riik-korraldab-kolmanda-roheelektri-vahempakkumise>
- Nord Pool. 2021. Day-ahead prices. [veebileht] <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/Dayahead/Area-Prices/EE/Monthly/?view=table>

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning
juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Andri Alliksoo,

sünniaeg 28.05.1997,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Juhtumianalüüs: päikeseelektrienergia perspektiiv Eestis eratarbijale,

mille juhendaja on Valdo Kuusemets,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkirjastatud digitaalselt)

Tartu, 25.05.2021

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Valdo Kuusemets

25.05.2021